

# Топливный элемент: проблемы и перспективы

**В.В. Касаткин**

Доктор технических наук  
профессор кафедры технологии и оборудование пищевых и  
перерабатывающих производств  
Ижевской государственной сельскохозяйственной академии



Все иллюстрации взяты  
из открытых Интернет-источников

# Водородный автомобиль



1982 г. Первый в мире водородный микроавтобус «Квант-РАФ» (СССР)



2001 г. Автомобиль HydroGen1 (на базе Opel Zafira) корпорации General Motors (США) – рекордсмен среди машин на топливных элементах



2008 г. Городской автобус на топливных элементах (Китай)



2001 г. Автомобиль «Нива» (Россия) на топливном элементе, разработанном для космического корабля «Буран»

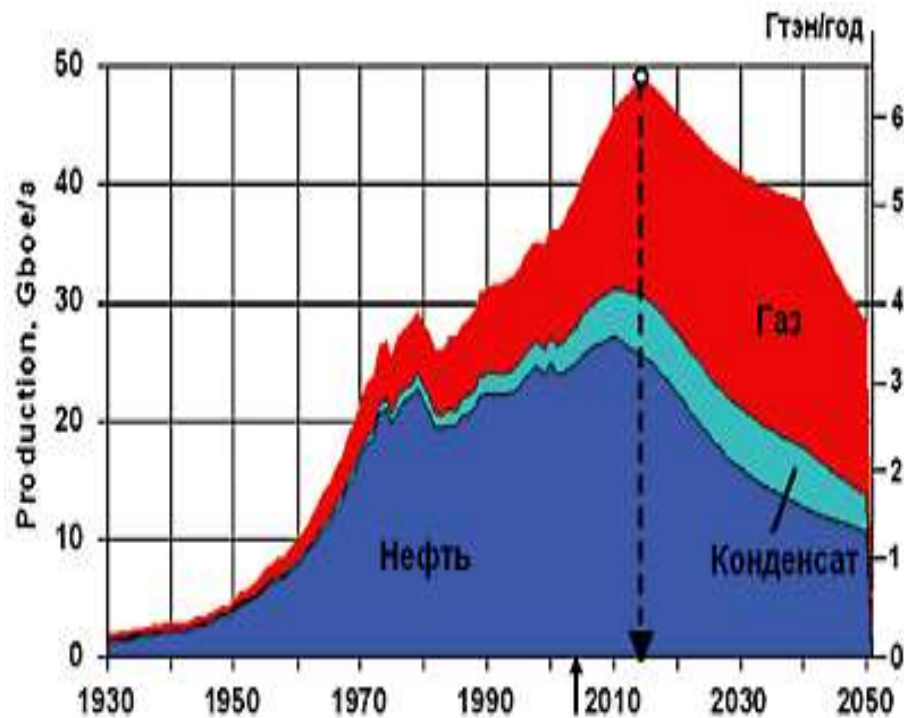
# Цель и средства

- программа бюджетных инвестиций США предполагает в ближайшие 10 лет вложить 5.5 млрд. долл. в развитие технологии топливной энергетики, промышленные компании - почти в 10 раз больше

## СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

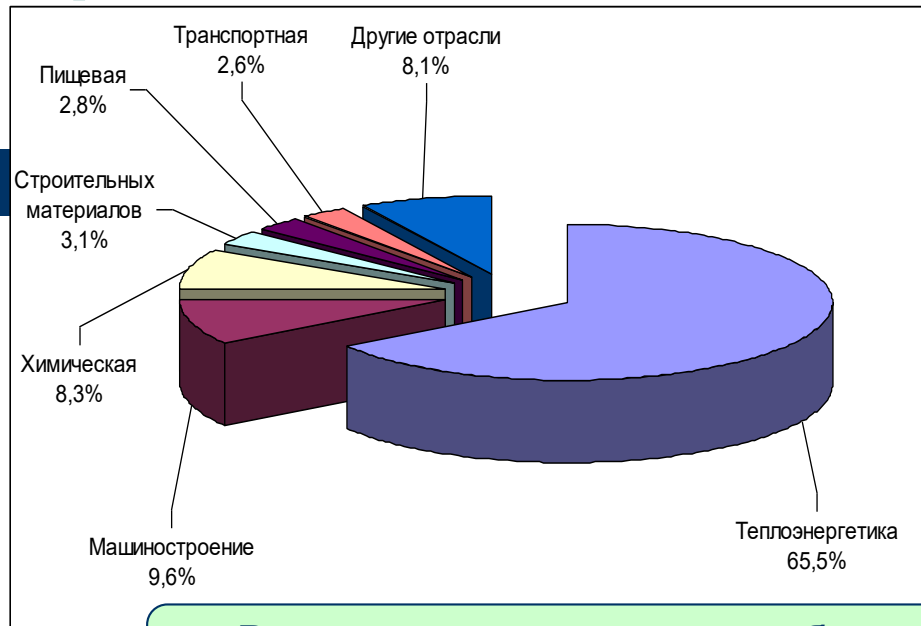
Автомобили		с ДВС и нейтрализатором (Euro 3)	с энергоустановкой на топливных элементах
Топливо		Бензин	Водород
Расход энергии при 60 км/ч, кВтч/100 км		87,2	43,6
Выбросы, г/км	CO	2,3	0
	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	0,2	0
	NO <sub>x</sub>	0,15	0
	CO <sub>2</sub>	213,0	0
	H <sub>2</sub> O	98,0	117,0

## 1974 год: экономический кризис, прогнозы истощения запасов нефти и создание Мировой водородной ассоциации

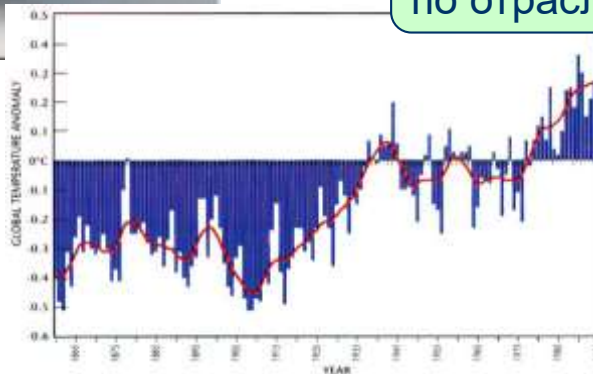


Темпы добычи  
традиционных видов топлива

# Традиционная энергетика и экология



Распределение валового выброса по отраслям промышленности (Воронеж)

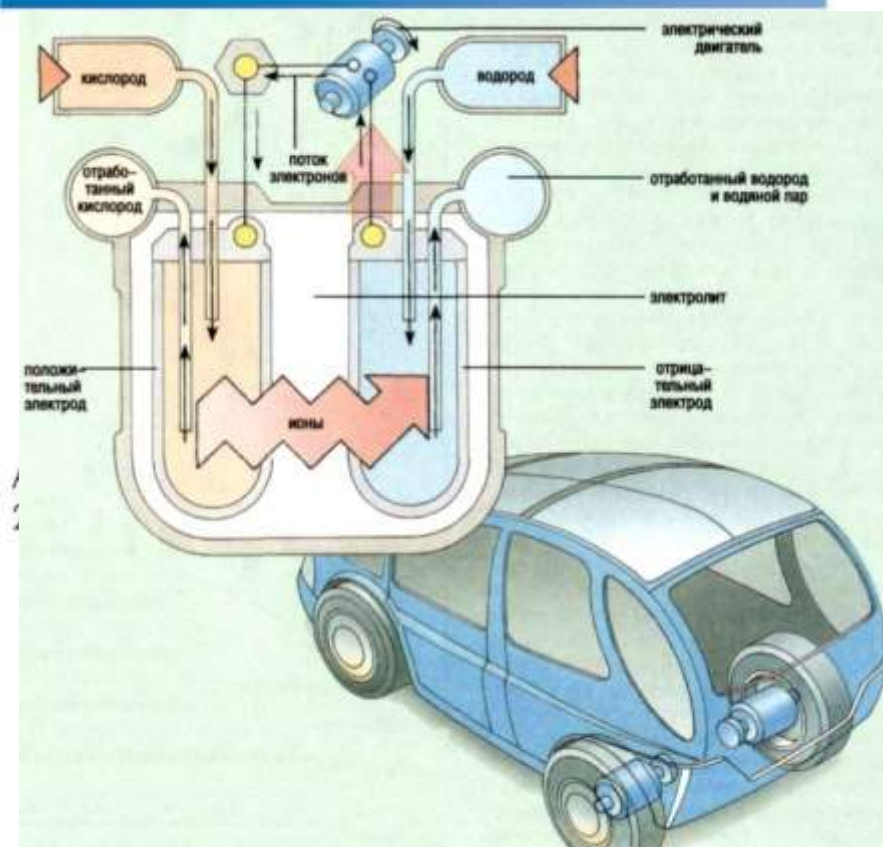


Изменение средней температуры на Земле

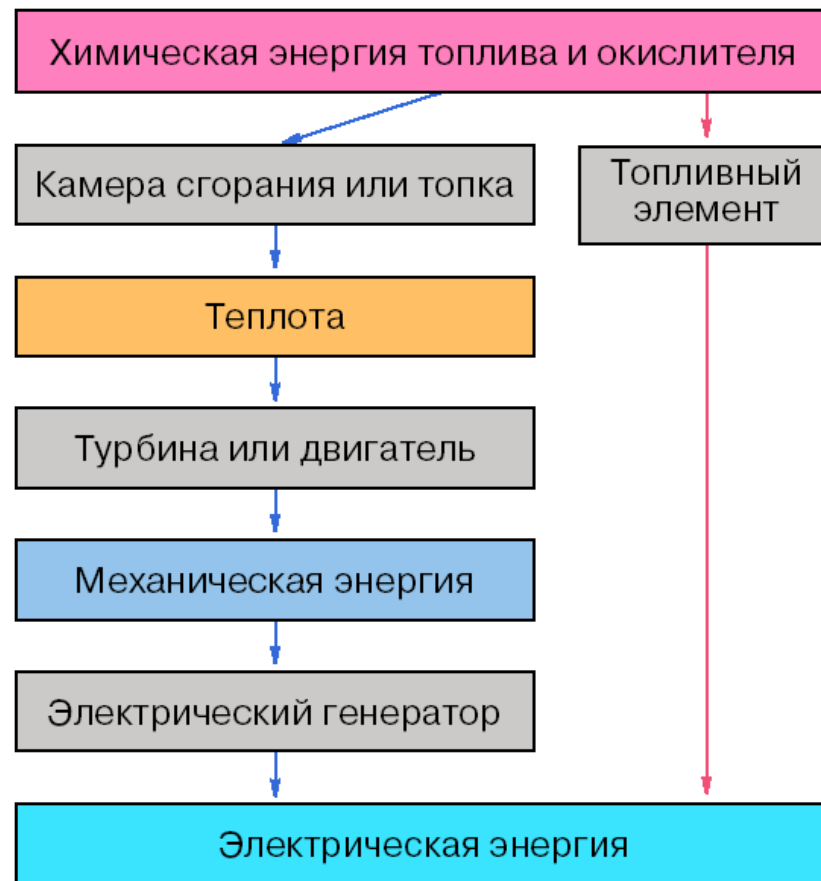
# Топливный элемент (ТЭ)

Химический источник тока, в котором электрическая энергия образуется в результате химической реакции между восстановителем и окислителем, непрерывно поступающими к электродам ТЭ извне. Продукты реакции непрерывно выводятся из топливного элемента.

СХЕМА РАБОТЫ  
ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА



# Преимущества электрохимического способа преобразования энергии





## Топливный элемент: сравнение с гальваническим элементом и аккумулятором



Гальванический элемент («батарейка») – работает, пока не израсходуются реагенты



Аккумулятор – требует периодической подзарядки



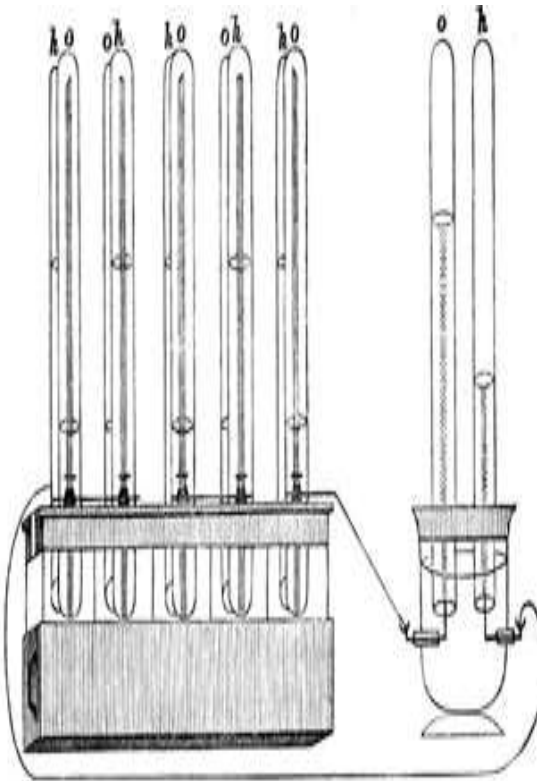
может работать неограниченное время, пока в него подаются реагенты и отводятся продукты реакции



# Открытие топливного элемента



Вильям Гроув  
(1811 – 1896)



Конструкция топливного  
элемента В.Гроува



Людвиг Монд  
(1839 – 1909)



Вильгельм Оствальд  
(1853-1932)

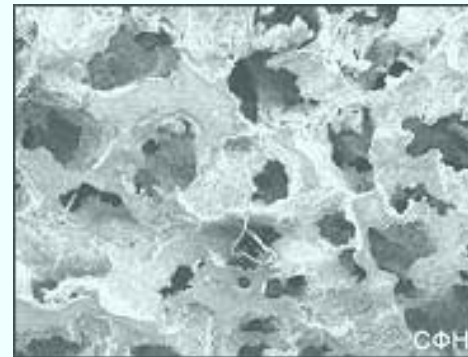
# Водород – идеальное топливо для ТЭ

- химически активный
- экологически чистый – при его окислении образуется вода
- удовлетворяет условию легкого подвода в топливный элемент и отвода продуктов реакции из ТЭ
- оптимальный источник – вода, электролизом которой  $H_2$  может быть получен (процесс энергоемкий)
- сейчас водород получают за счет более дешевой переработки природного газа, основным компонентом которого является метан



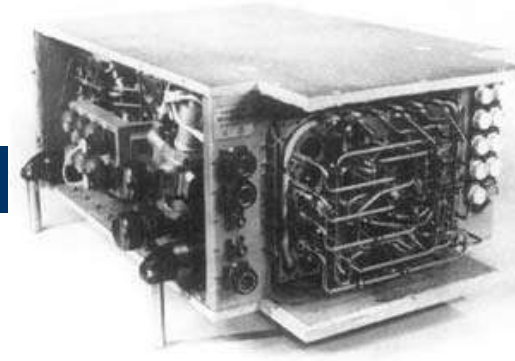
# Требования к электродам ТЭ

- обеспечение условий для большой скорости токообразующей химической реакции в ТЭ
- пористые
- каталитически активные
- универсальный материал - платина Pt
  - высокоактивна
  - долговечна
  - устойчива к коррозии и компонентам электролита.



# Низкотемпературные щелочные ТЭ

- Электролит - жидкий раствор щелочи
- материал электродов – никель (устойчив в щелочных растворах)
- Катализатор – платина
- Применение – космические и военные программы ("Аполлон", "Шаттл", "Буран")
- Коммерческое применение ограничено из-за использования платины и чистых водорода и кислорода.



Батарея щелочных топливных элементов космического корабля «Буран» (СССР)



Космический корабль «Шаттл» (США), системы обеспечения которого работали на щелочных ТЭ

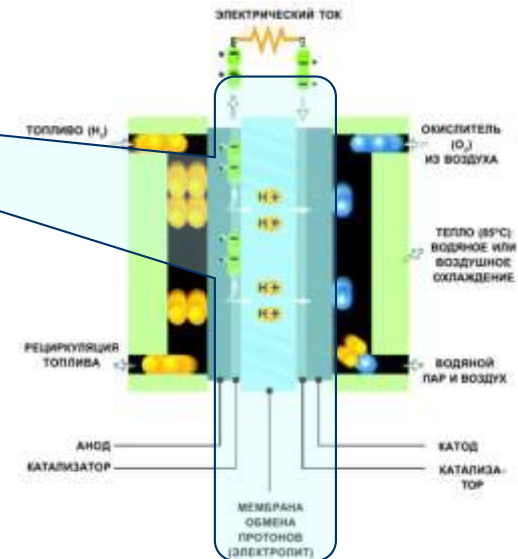
# Низкотемпературные кислотные ТЭ

- Электролит - жидкий раствор кислоты
- Материал электродов – графит (устойчив в кислотных растворах)
- Катализатор – платина и ее сплавы
- Окислителем может служить кислород воздуха, так как компоненты воздуха химически не взаимодействуют с кислотным электролитом
- Применение – в стационарных электрогенераторных устройствах в зданиях, гостиницах, больницах, аэропортах и электростанциях
- Коммерческое применение ограничено из-за использования платины и чистого водорода



# ТЭ с твердополимерным электролитом

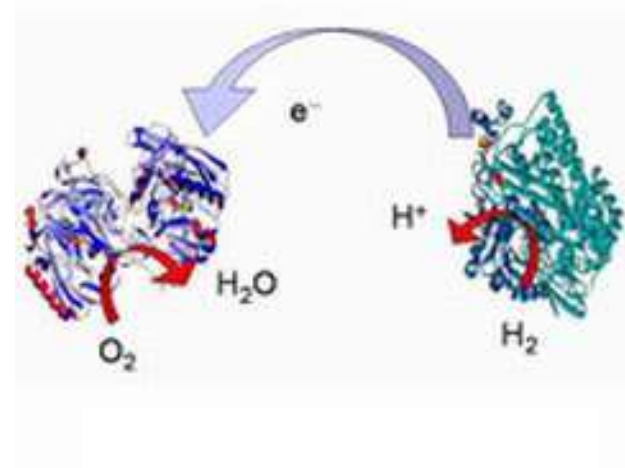
- Электролит – твердая полимерная ионообменная мембрана
- Материал электродов – графит
- Катализатор – платина и ее сплавы
- Восстановителем может служить метанол
- Замена жидкого агрессивного электролита на мембрану упрощает герметизацию элемента, уменьшает коррозию и обеспечивает долгий срок службы ТЭ
- Применение – на транспорте и стационарных установках небольшого размера
- Коммерческое применение ограничено из-за использования платины и высокой стоимости ионообменных мембран





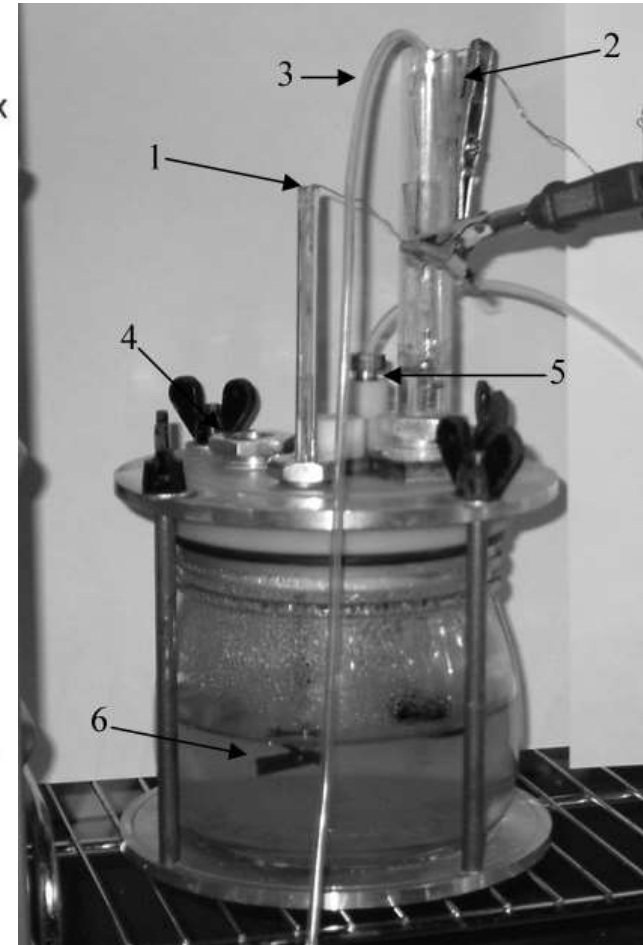
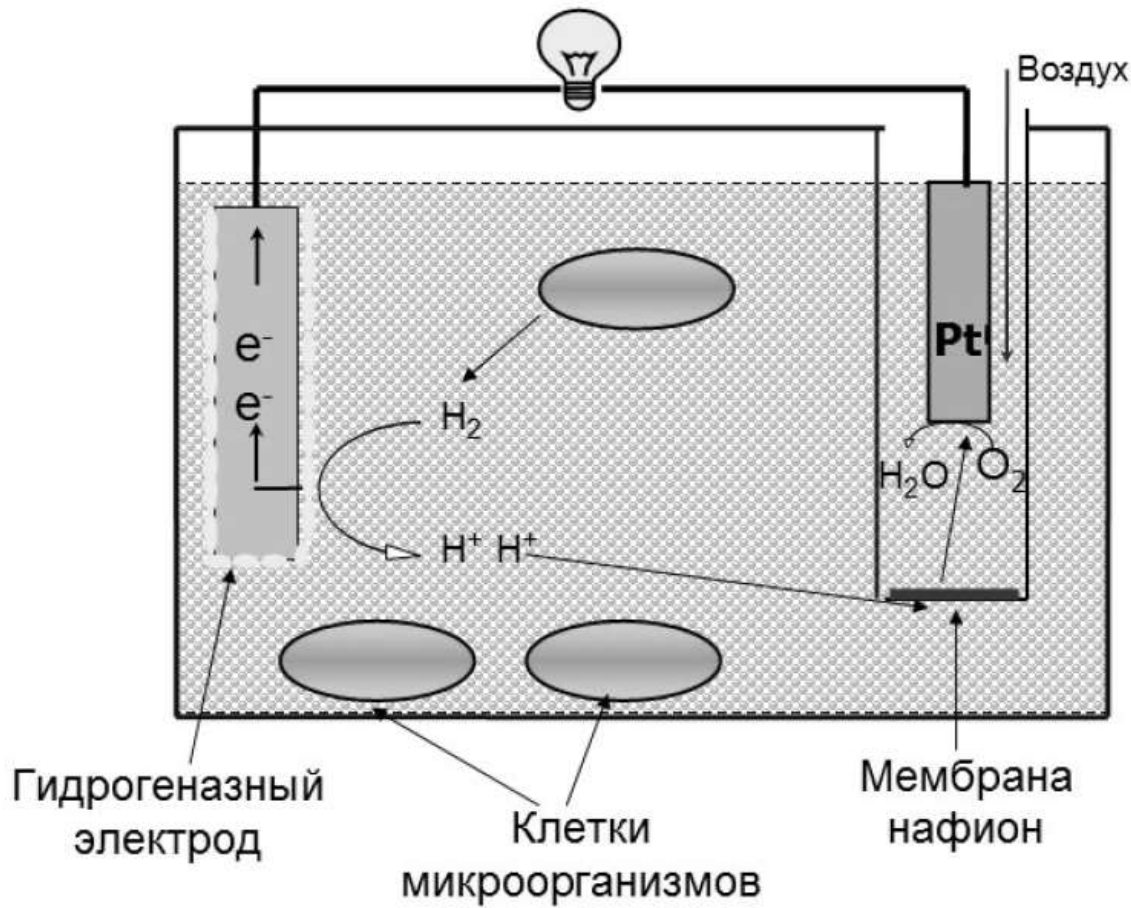
# Биотопливный элемент

- Принцип – использование природных катализаторов
- Ферменты-гидрогеназы, ответственные за окисление и образование водорода, являются уникальными эффективными неплатиновыми катализаторами для этих процессов
- Недостатки: малый срок службы и небольшая мощность



# совмещенный биореактор и ферментный топливный элемент

1 – контакт ферментного электрода, 2 – кислородный электрод, 3 – воздушный шланг, 4 – мембрана для отбора проб в процессе эксперимента, 5 – система сброса избыточного давления, 6 – ферментный электрод



# Топливный элемент на штаммах бактерий:

## 1 ложка сахара = 80 часов работы

студенты из университета Тяньцзиня, микробный топливный элемент, “подкормленный” 1 ложкой сахара при определенных условиях способен генерировать электроэнергию на протяжении 80 часов



# Биотопливный элемент в кактусе

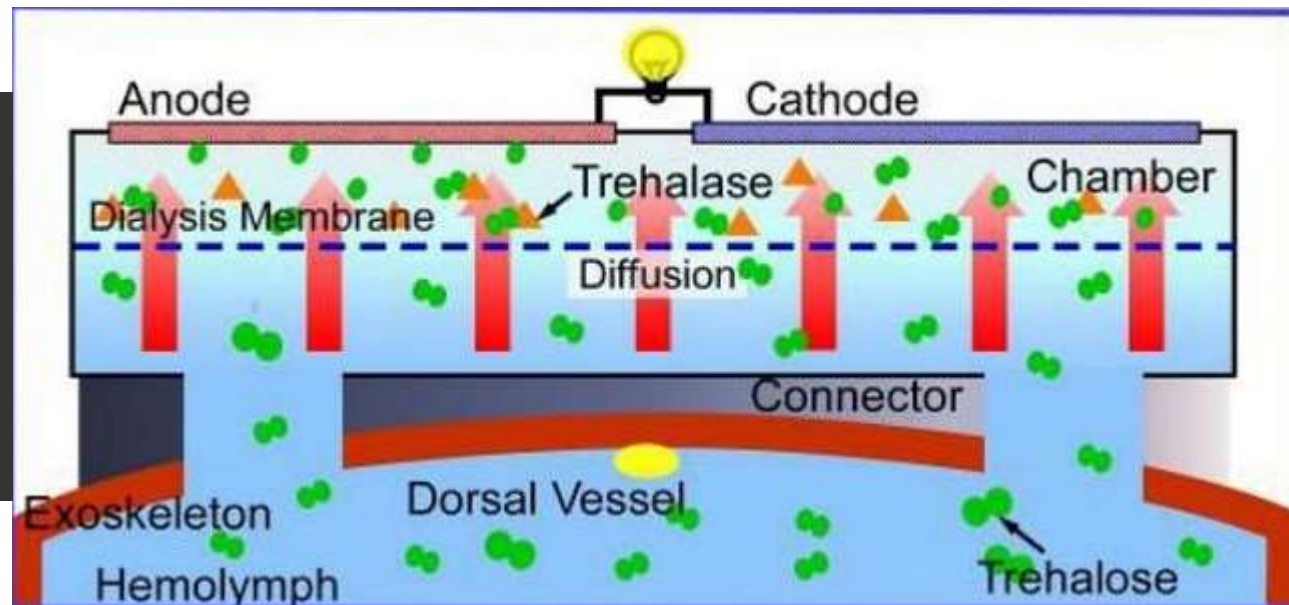
Французским ученым удалось создать биотопливный элемент, который подсоединяется к живому растению и работает, преобразуя в электричество химическую энергию, вырабатываемую растением в процессе фотосинтеза





# Как работает биотопливный элемент на таракане

- На первом этапе жидкость из тела таракана поступает в верхнюю часть камеры.
- Данная жидкость содержит трегалозу, которая расщепляется с помощью ферментов, что приводит к образованию глюкозы.
- Это приводит к возникновению окислительно-восстановительной реакции, когда глюкоза окисляется на аноде, а на катоде происходит генерация кислорода.



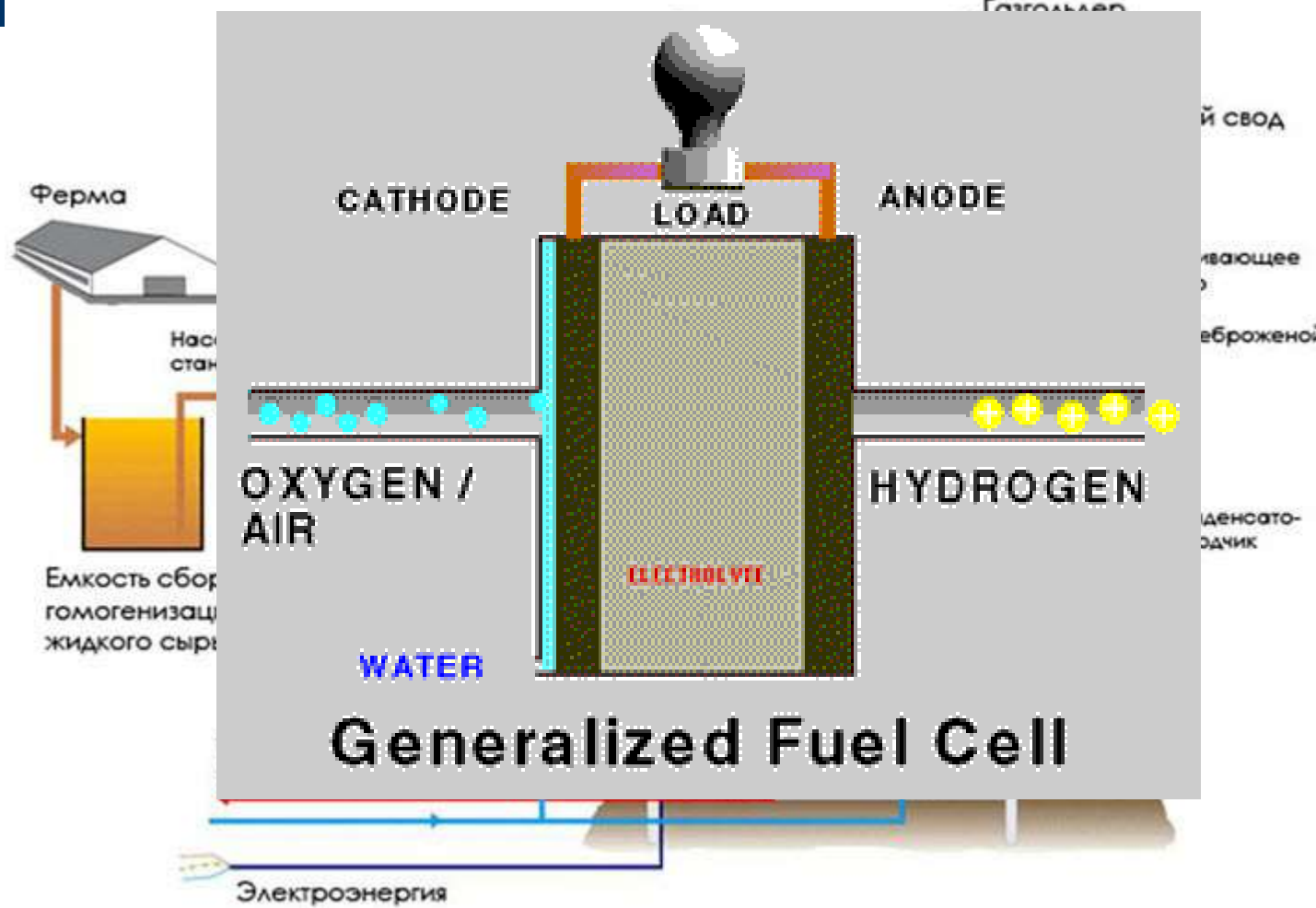
# Улитка-киборг стала живой батареей

- В новаторском эксперименте сахар, содержащийся в крови улитки, использовался для подзарядки имплантированной батарейки. Исследователи впервые продемонстрировали устойчивое генерирование электричества в теле живого существа на протяжении нескольких месяцев. Если тела улиток могут создавать достаточно электричества для питания микроэлектроники, они могли бы действовать как живые датчики или детекторы в военно-промышленном комплексе.





# Биогазовая установка



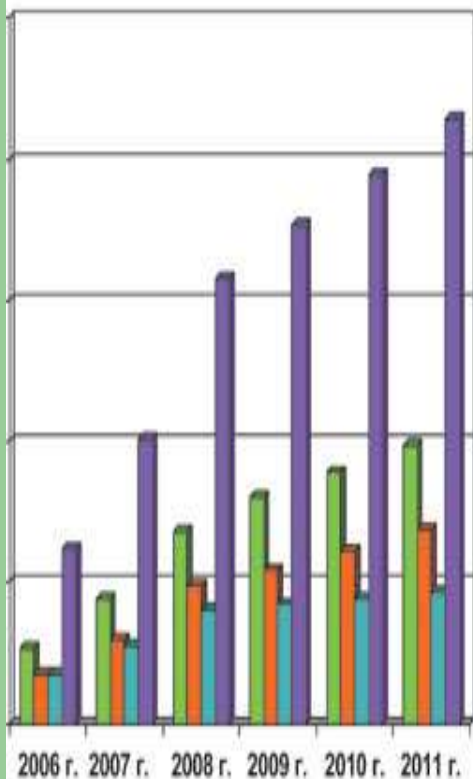
# Преимущества топливных элементов

- высокий коэффициент полезного действия
- экологическая чистота
- бесшумность
- широкий диапазон мощностей и применяемого топлива
- возможность параллельной генерации тепла
- при необходимости можно использовать воду, которая является продуктом химической реакции

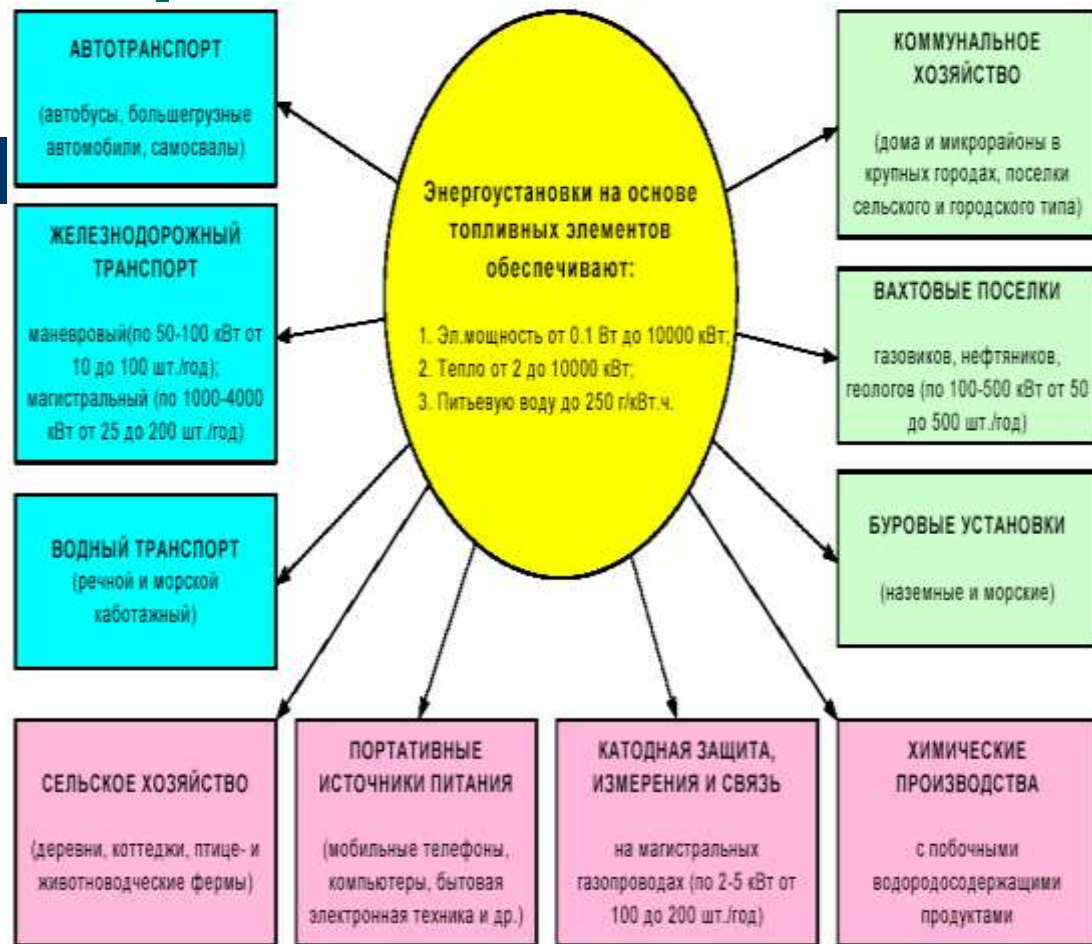
# Проблемы коммерциализации ТЭ

- высокая стоимость по сравнению с традиционными установками
- недостаточный срок службы

# Перспективы применения ТЭ



Рост производства топливных элементов (прогноз)



Области применения топливных элементов

The background is a vibrant green with stylized leaves and a globe. A branch with several green leaves, some with water droplets, curves from the top left. A small globe with blue oceans and white clouds is positioned in the lower left, partially covered by more green leaves. The overall design is clean and modern, with a focus on nature and technology.

# *СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ*

email:

[kasww@mail.ru](mailto:kasww@mail.ru)

skype:

kasatww

тел.:

8904-311-47-71